



PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

<p>(51) 国際特許分類6 G01M 11/02, H01L 21/027</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO99/60361</p> <p>(43) 国際公開日 1999年11月25日(25.11.99)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP99/02608</p> <p>(22) 国際出願日 1999年5月19日(19.05.99)</p> <p>(30) 優先権データ 特願平10/153915 1998年5月19日(19.05.98) JP</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 ニコン(NIKON CORPORATION)[JP/JP] 〒100-0005 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてののみ) 竹内 仁(TAKEUCHI, Hitoshi)[JP/JP] 〒100-0005 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコン内 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 井上義雄, 外(INOUE, Yoshio et al.) 〒103-0027 東京都中央区日本橋3丁目1番4号 画廊ビル3階 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>
<p>(54)Title: ABERRATION MEASURING INSTRUMENT AND MEASURING METHOD, PROJECTION EXPOSURE APPARATUS PROVIDED WITH THE INSTRUMENT AND DEVICE-MANUFACTURING METHOD USING THE MEASURING METHOD, AND EXPOSURE METHOD</p> <p>(54)発明の名称 収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法、露光方法</p> <div data-bbox="532 1291 1166 1747"> <p>1 ... PULSE LASER LIGHT SOURCE 2 ... BEAM SHAPING OPTICAL SYSTEM 4 ... INTERFERENCE FRINGE REDUCING SECTION 16 ... MAIN CONTROL SYSTEM 17 ... INTERFERENCE FRINGE REDUCTION CONTROLLING SECTION 24 ... INPUT/OUTPUT UNIT A ... SCANNING DIRECTION</p> </div> <p>(57) Abstract</p> <p>There are provided a focusing lens (L) for focusing a light beam passing through an object optical system (PL) onto a predetermined face (IP), an aperture stop (AP) for passing part of the light beam therethrough, a focusing position measuring section (DET) for measuring the deviation of the focusing position (P) of the part of the light beam, which has passed through the aperture stop, on the predetermined face (IP), a shifting section (M) for shifting the aperture stop in the direction crossing the optical axis of the light beam, and a calculating section (PC) for calculating the aberration of the object optical system (PL) based on the output signal from the focusing position measuring section (DET).</p>		

(57)要約

被検光学系 P L を通過した光束を所定面 I P 上に集光させる集光レンズ L と、光束の一部を通過させるための開口絞り A P と、所定面 I P 上における前記開口絞りを通した光束の一部の集光位置 P の位置ずれを検出する集光位置検出部 D E T と、前記開口絞りを前記光束の光軸と交差する方向に移動させる移動部 M と、前記集光位置検出部 D E T からの出力信号に基づいて前記被検光学系 P L の収差を算出する演算処理部 P C とを有する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE	アラブ首長国連邦	DM	ドミニカ	KZ	カザフスタン	RU	ロシア
AL	アルバニア	EE	エストニア	LC	セントルシア	SD	スーダン
AM	アルメニア	ES	スペイン	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン
AT	オーストリア	FI	フィンランド	LK	スリ・ランカ	SG	シンガポール
AU	オーストラリア	FR	フランス	LR	リベリア	SI	スロヴェニア
AZ	アゼルバイジャン	GA	ガボン	LS	レソト	SK	スロヴァキア
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB	英国	LT	リトアニア	SL	シエラ・レオネ
BB	バルバドス	GD	グレナダ	LU	ルクセンブルグ	SN	セネガル
BE	ベルギー	GE	グルジア	LV	ラトヴィア	SZ	スワジランド
BF	ブルキナ・ファソ	GH	ガーナ	MA	モロッコ	TD	チャード
BG	ブルガリア	GM	ガンビア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BJ	ベナン	GN	ギニア	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BR	ブラジル	CW	ギニア・ビサウ	MG	マダガスカル	TZ	タンザニア
BY	ベラルーシ	GR	ギリシャ	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TM	トルクメニスタン
CA	カナダ	HR	クロアチア	ML	マリ	TR	トルコ
CF	中央アフリカ	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TT	トリニダード・トバゴ
CG	コンゴ	ID	インドネシア	MR	モーリタニア	UA	ウクライナ
CH	スイス	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CI	コートジボアール	IL	イスラエル	MX	メキシコ	US	米国
CM	カメルーン	IN	インド	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CN	中国	IS	アイスランド	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CR	コスタ・リカ	IT	イタリア	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CU	キューバ	JP	日本	NZ	ニュージーランド	ZA	南アフリカ共和国
CY	キプロス	KE	ケニア	PL	ポーランド	ZW	ジンバブエ
CZ	チェコ	KG	キルギスタン	PT	ポルトガル		
DE	ドイツ	KP	北朝鮮	RO	ルーマニア		
DK	デンマーク	KR	韓国				

明 細 書

収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法、露光方法

5 技術分野

本発明は、被検光学系、特に半導体デバイスまたは液晶表示素子を製造する際に使用される投影露光装置等に備えられる投影光学系の波面収差、光学性能を測定する波面収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造方法に関する。

- 10 なお、本出願は日本国特許出願平成10年第153915を基礎として、それらの内容は引用文としてここに組み込まれる。

背景の技術

- 従来、被検光学系の波面収差を測定する場合は、干渉光学系を使用する
15 方法がある。干渉光学系による方法は、測定対象である被検光学系を干渉光学系に組み込んで測定するものでトワイマン・グリーン型干渉計、フィゾー干渉計などが知られている。例えば、トワイマン・グリーン型干渉計は、レーザ光源からの光束をハーフミラーで2分割し、一方の光束は被検光学系を透過させ、他方の光束は参照光とする。そして、被検
20 光学系を透過した光と参照光とを干渉させ、その干渉縞から被検光学系の収差を測定するものである。

- また、被検光学系からの光の波面を測定する方法として Shack-Hartmann（以下、「シャック・ハルトマン」という）方式と呼ばれるレンズアレイを用いる方法が知られている（パリティ Vol.
25 05, No. 10, 1990-10のP37~39）。このシャック・ハルトマン方式による波面測定は、天体からの波面の揺らぎを測定する

- もので、第9図に示すように、まず被検光学系TL（ここでは望遠鏡を示す）を透過した波面（以下、「被検波面」という）をコリメータレンズCLにて平行光にする。そして、微小なレンズL'を2次元に配列したレンズ（以下「2次元レンズアレイ」という）に入射させる。ここで、
- 5 被検波面が理想的な波面から偏差を有していると、該偏差は集光位置検出部DET上で理想的な波面の集光位置と被検波面の集光位置のズレとして現れる。これにより、2次元レンズアレイの個々のレンズの集光点の位置ずれに基づいて、波面の測定をするものである。

- しかし、上記従来技術では、以下の問題が生ずる。干渉計方式では、
- 10 波面収差測定のための専用の干渉光学系装置が必要となる。該装置は波長オーダーの干渉を測定するため振動などの影響を受けやすいので、防振動台なども必要とする。このため、装置が大型化してしまい空間の使用効率が悪く問題である。

- シャック・ハルトマン方式による波面測定は、前述したように、もと
- 15 もと天体からの波面の揺らぎを測定することを主目的としているため、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられるレンズの波面収差を測定できるものではなかった。

- シャック・ハルトマン方式による波面測定では、高精度に2次元レンズアレイを用いるが、該レンズアレイの各々の精度にばらつきが存在す
- 20 ると、集光位置の検出精度も低下するので、波面を高精度に測定することができない可能性がある。

発明の開示

- 本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、小型かつ製造容易で
- 25 あり、波面収差を高精度に簡便に測定できる収差測定装置並びに測定方法及び該装置を備える投影露光装置並びに該方法を用いるデバイス製造

方法、露光方法を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、請求の範囲 1 記載の発明は、被検光学系 (P L) を通過した光束を所定面 (I P) 上に集光させる集光レンズ (L) と、

- 5 前記光束の一部を通過させるための開口絞り (A P) と、
前記開口絞りを前記光束の光軸 (A X) と交差する方向に移動させる移動部 (M) と、

前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置 (P) の位置ずれを検出する集光位置検出部 (D E T) と、

- 10 前記集光位置検出部からの出力信号に基づいて前記被検光学系の収差を算出する演算処理部 (P C) とを有することを特徴とする収差測定装置を提供する。

- 請求の範囲 2 記載の発明は、前記集光レンズは前記光束の一部を集光し、前記移動部は前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として前記光束の光軸と交差する方向に移動させることを特徴とする。
- 15

請求の範囲 3 記載の発明は、マスク (R) に形成された所定の回路パターンの像を基板 (W H) 上に転写する投影光学系 (P L) の収差を測定する収差測定装置において、

- 前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系 (P H) と、
- 20

前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複数のレンズ素子 (L') と、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出する集光位置検出部 (D E T) と、

- 25 前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測定部 (P C) とを有することを特徴とする収

差測定装置を提供する。ここで、収差測定光学系とは、後述するレチクル又はステージのピンホール又は光を拡散させて透過させる透過部材などをいう。

請求の範囲 4 記載の発明は、前記収差測定光学系は、前記所定の回路
5 パターンが形成されたマスク（R）と略同じ位置に配置され、ピンホールパターンを備える収差測定用マスクと、前記収差測定用マスクを照明する照明光学系（1乃至10）とを備えることを特徴とする。

請求の範囲 5 記載の発明は、前記照明光学系は、前記所定の回路パターンを照明する照明光学系（1乃至10）であることを特徴とする。

10 請求の範囲 6 に記載の発明は、被検光学系（PL）を通過した光束を集光レンズ（L）により所定面（IP）上に集光させる集光工程と、

前記光束の一部を開口絞り（AP）により通過させる工程と、

前記開口絞りを前記光束の光軸（AX）と交差する方向に移動させる移動工程と、

15 前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置（P）の位置ずれを集光位置検出部（DET）により検出する集光位置検出工程と、

前記集光位置検出工程で得られた出力信号に基づいて前記被検光学系の収差を算出する演算処理工程とからなることを特徴とする収差測定方法を提供する。
20

請求の範囲 7 記載の発明は、前記集光工程では前記光束の一部を集光し、前記移動工程では、前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として前記光束の光軸と交差する方向に移動させることを特徴とする。

請求の範囲 8 記載の発明は、マスク（R）に形成された所定の回路パターン
25 ターンの像を基板（WH）上に形成する投影光学系（PL）の収差を測定する収差測定方法において、

前記投影光学系を通過した収差測定用の光を複数のレンズ素子(L')で集光し、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出し、

検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定す

5 ることを特徴とする収差測定方法を提供する。

請求の範囲9記載の発明は、前記収差測定用の光は、前記マスクが配置される位置と略同じ位置に配置された収差測定用マスク上のピンホールパターン(PH)からの光であることを特徴とする。

請求の範囲10記載の発明は、所定の回路パターンを照明する照明光学系(1乃至10)と、

照明された該回路パターンの像を基板(WH)上に形成する投影光学系(PL)と、

該投影光学系の収差を測定するための請求の範囲1記載の収差測定装置とを有することを特徴とする投影露光装置を提供する。

15 請求の範囲11記載の発明は、所定の回路パターンを有するマスク(R)を照明する照明光学系(1乃至10)と、

前記マスクを支持するステージ(11)と、

照明された該回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系(PL)と、

20 該投影光学系の収差を測定するための請求の範囲1記載の波面収差測定装置とを有し、

前記ステージ又は前記マスクは前記投影光学系に対して収差測定用の光を発生する発生部材(PH)を備えていることを特徴とする投影露光装置を提供する。

25 請求の範囲12記載の発明は、前記発生部材は、前記照明光学系からの光を球面波に変換するピンホールパターン(PH)であることを特徴

とする。

請求の範囲 1 3 記載の発明は、前記発生部材は、前記照明光学系からの光を拡散して透過させる透過部材であることを特徴とする。

請求の範囲 1 4 記載の発明は、マスク (R) に形成された回路パターンの像を基板 (WH) 上に転写する投影光学系 (PL) を備える投影露光装置において、

前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系 (PH) と、

前記投影光学系を通過した前記収差測定用の光を集光するための複数のレンズ素子 (L') と、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出するための集光位置検出部 (DET) とを備えることを特徴とする投影露光装置を提供する。

請求の範囲 1 5 記載の発明は、前記収差測定光学系は、前記所定の回路パターンが形成されたマスク (R) と略同じ位置に配置され、ピンホールパターン (PH) を備える収差測定用マスクと、前記収差測定用マスクを照明する照明光学系 (1 乃至 10) とを備えることを特徴とする。

請求の範囲 1 6 記載の発明は、前記集光位置検出部からの検出結果に基づいて前記投影光学系を構成する少なくとも一の光学部材の位置を制御する制御部 (LC) とを有することを特徴とする。

請求の範囲 1 7 記載の発明は、前記基板を保持する基板ステージ部 (13) を有し、前記複数のレンズ素子及び前記集光位置検出部との少なくとも一方は、前記基板ステージ部に着脱自在に設けられていることを特徴とする。

請求の範囲 1 8 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系 (PL) を用いて基板 (WH) に転写する工程を含むデバイス製造方法

であって、

請求の範囲 6 記載の収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

請求の範囲 19 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系 (PL) を用いて基板に転写する工程を含むデバイス製造方法であって、

請求の範囲 8 記載の収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

請求の範囲 20 記載の発明は、前記所定の回路パターンを請求の範囲 11 記載の投影露光装置により前記基板上に投影露光することを特徴とする露光方法を提供する。

請求の範囲 21 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系 (PL) を用いて基板 (WH) に転写する露光方法において、

前記基板に前記回路パターンを転写する前に、

前記投影光学系に収差測定用の光を入射し、

前記投影光学系を通過した収差測定用の光を複数のレンズ素子 (L') で集光し、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出し、

検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定し、

測定された収差に基づいて、前記投影光学系の収差を補正することを

特徴とする露光方法を提供する。

請求の範囲 22 記載の発明は、前記収差は、前記投影光学系の波面収差であることを特徴とする。

請求の範囲 23 記載の発明は、マスク (R) に形成されたパターンの像を基板 (WH) 上に転写する投影光学系 (PL) を備える露光装置において、請求の範囲 3 に記載の収差測定装置を着脱可能に保持する保持機構を備えることを特徴とする。

請求の範囲 2 4 記載の発明は、前記保持機構は、前記収差測定光学系を保持する第 1 の保持部材 (1 1) と、

前記複数のレンズ素子、前記集光位置検出部及び前記測定部を備えた測定ユニット (U T') を保持する第 2 の保持部材 (1 2, 1 3) とを
5 有することを特徴とする。

請求の範囲 2 5 記載の発明は、前記第 1 の保持部材は、前記マスクを保持するマスクステージ (1 1) であり、

前記第 2 の保持部材は、前記基板を保持する基板ステージ (1 3) であることを特徴とする。

10 請求の範囲 2 6 記載の発明は、前記収差測定光学系は、収差測定用のピンホールパターン (P H) が形成された測定用マスク (R) であることを特徴とする。

請求の範囲 2 7 記載の発明は、マスク (R) に形成されたパターンの像を基板 (W H) 上に転写する投影光学系 (P L) の収差を測定する収
15 差測定装置において、

前記マスクを保持するマスクステージ (1 1)、前記投影光学系及び前記基板を保持する基板ステージ (1 3) を備える露光装置に着脱可能に設けられる測定ユニット (U T') を有し、

前記測定ユニットは、前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集
20 光する複数のレンズ素子 (L') と、前記レンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出する集光位置検出部 (D E T) と、前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測定部 (P C) とを備えることを特徴とする収差測定装置を提供する。

25 請求の範囲 2 8 記載の発明は、前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系 (P H) を有し、

前記測定ユニットは、前記基板ステージに着脱可能に保持され、
前記収差測定光学系は、前記マスクステージに設けられることを特徴とする。

請求の範囲 29 記載の発明は、マスク (R) に形成されたパターンの
5 像を基板 (WH) 上に転写する露光装置が備える投影光学系 (PL) の
収差測定方法において、

前記マスクと略同じ位置に、収差測定用の光を前記投影光学系に射出
する収差測定光学系 (PH) を配置し、前記基板を保持する基板ステー
ジ (13) に、前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複
10 数のレンズ素子 (L') と、前記レンズ素子で集光された光の位置をそ
れぞれ検出する集光位置検出部 (DET) と、前記集光位置検出部で検
出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測
定部 (PC) とを備える測定ユニット (UT') を取り付けられることを特
徴とする収差測定方法を提供する。

15 請求の範囲 30 記載の発明は、前記投影光学系に収差測定用の光を射
出した後に、前記収差測定光学系を取外し、

前記投影光学系の収差を測定した後に、前記測定ユニットを前記基板
ステージから取外すことを特徴とする。

請求の範囲 31 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系
20 (PL) を用いて基板 (WH) に転写する露光方法において、

前記基板に前記回路パターンを転写する前に、請求の範囲 29 に記載
の収差測定方法を用いて、前記投影光学系の収差を測定することを特徴
とする。

請求の範囲 32 記載の発明は、所定の回路パターンの像を投影光学系
25 (PL) を用いて基板 (WH) に転写する工程を含むデバイス製造方法
において、

前記基板に前記回路パターンを転写する前に、請求の範囲 29 に記載の収差測定方法を用いて、前記投影光学系の収差を測定する工程を含むことを特徴とする。

5 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の第 1 実施形態にかかる波面収差測定装置を用いる投影露光装置の構成を示す図である。

第 2 図は、第 1 図に示す投影露光装置のステージ近傍の拡大図である。

第 3 図は、本発明の実施形態にかかる波面収差測定装置の構成を示す
10 図である。

第 4 A 図、4 B 図は、本発明の実施形態にかかる波面収差測定装置の変形例の構成を示す図である。

第 5 A 図、5 B 図、5 C 図は、測定位置により集光点 P の位置が変化する様子を示す図である。

15 第 6 図は、被検波面 W と波面の傾き W' との関係を示す概念図である。

第 7 図は、本発明の第 2 実施形態にかかる投影露光装置のステージ近傍の構成を示す図である。

第 8 図は、本発明の第 3 実施形態にかかる投影露光装置のステージ近傍の構成を示す図である。

20 第 9 図は、従来の波面収差測定装置の構成を示す図である。

実施形態

以下添付図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

(第 1 実施形態)

25 第 1 図は、後述する波面収差測定装置ユニット U T が着脱可能な投影露光装置の構成を示す図である。この投影露光装置により、回路パター

ンが形成された半導体デバイスが作成される。該投影露光装置の概略を説明する。レーザ光源 1 からの光束 L B 0 は、ビーム整形光学系 2 によりビーム整形され、略平行なレーザビームとなった L B 1 は、干渉縞を平均化する干渉縞低減部 4 を経てフライアイレンズ 5 に入射する。干渉縞低減部は、レチクル上での照度均一性を高めるものであり、その原理は本出願人による特開昭 5 9 - 2 2 6 3 1 7 号公報に開示されている。フライアイレンズ 5 を射出したレーザビーム I L 2 は、第 1 リレーレンズ 7 A を介して視野絞り 8 に入射する。レーザビーム I L 2 の断面形状は視野絞り 8 により整形される。視野絞り 8 はレチクル R のパターン形成面及びウエハ W H の露光面と共役な位置に配置されている。視野絞り 8 の開口部から射出されたレーザビーム I L 2 は、第 2 リレーレンズ 7 B、ミラー 9、コンデンサレンズ 1 0 を経て回路パターンが形成されたレチクル R (マスク) を照明する。レチクル R はステージ 1 1 上に載置されており、主制御系 1 6 からの指令に基づき、レチクルステージ制御部 2 1 がレチクルステージ 1 1 を駆動する。そして、照明されたレチクル R のパターンの像が、投影光学系 P L により基板であるウエハ W H 上に形成される。レチクル R を種々交換することにより、ウエハ W H 上に種々のパターンが順次形成されて半導体デバイスが作成される。ウエハ W H はウエハステージ 1 3 上のウエハホルダ 1 2 に真空チャックされている。また、ウエハステージ制御部 2 2 は該ステージ 1 3 を高精度に位置決めしつつ駆動制御する。また、入出力装置 2 4 は、投影露光装置本体とオペレータとのマンマシンインターフェースである。第 2 図は本投影露光装置のステージ近傍を拡大した図である。波面収差測定装置のユニット U T をステージ 1 3 上にウエハホルダ 1 2 を介して載置する。ユニット U T をウエハホルダ 1 2 上に載置する際、投影レンズ P L とウエハホルダ 1 2 との間隔を広げるためにステージ 1 3 を - Z 方向に駆動す

る。次に、ユニットUT（ここではユニットUTのうちコリメータレンズCL）が投影レンズPLに対向するように、ステージ制御部22でステージ13をX、Y方向に駆動する。なお、ここでは波面収差を測定する被検光学系として投影レンズPLを用いている。このように、ユニットUTを投影レンズPLに対向させた状態で、投影レンズPLの波面収差測定を行う。

第3図は本発明の第1実施形態にかかる波面収差測定装置ユニットUTの構成概略を示す図である。投影レンズPLの波面収差を本発明の波面収差測定装置ユニットUTを用いて測定する具体的構成を説明する。

10 なお、波面収差測定ユニットUTは前述のようにステージ13上のウエハホルダ12に載置される。投影レンズPLの波面を測定する際、波面収差計測用の光として、波面が球面波の光を投影レンズPLに入射させる。この球面波の光は、レチクルRが配置される位置（投影光学系の物体面）に、ピンホールパターンを備えるマスクを配置し、このマスクを

15 レーザビームIL2で照明することにより、ピンホールパターンから発生することができる。このマスクが収差測定用光学系を構成する。さらに、ピンホールパターンに代えて、点光源を用いてもよい。また、マスクを照明するレーザビームとして本実施形態では露光光源を用いているが、他の光源及び他の照明光学系を別途設けても良い。この球面波の光

20 は、投影レンズPLを入射させ、投影レンズPLから射出する。投影レンズPLから射出した光は、コリメータレンズCLで平行光にする。そして、集光レンズLで該平行光を集光し、レンズLの背後に配置された開口絞りであるアパーチャAPで一部のみを通過させる。アパーチャAPを通過した一部の光束は2次元CCDのような集光位置検出部DET

25 の撮像面IP上に集光点Pとして集光される。集光点Pの検出は、2次元CCDに限られず、1次元CCDを用いて走査すること、または1次

元CCDを回転すること、さらには単独の光センサを用いて2次元走査することにより検出してもよい。ここで、投影レンズPLに収差が存在する場合は、投影レンズPLに収差がない場合に比較して、集光点Pの位置が異なる。即ち、投影レンズPLに収差がない理想の集光点に対し、

5 投影レンズPLに収差が存在するときの集光点の位置がCCD面上で横ずれる。そして、移動部Mは、コリメータレンズCL、集光レンズLと集光位置検出部DETの相互の位置関係を維持したまま、被検波面全体を走査するようにアパーチャAPを移動する。かかる場合に、集光レンズL、アパーチャAPおよび検出部DETは一体のユニットUT内に

10 収納されていることが好ましい。また、投影レンズPLを透過した光の集光位置、すなわち撮像面IPはウエハWHの面と共役である。さらに、波面収差測定ユニットとは、ピンホールパターンが形成されたマスク又は点光源とレンズLと集光位置検出部DETとを含む構成をいう。

このように、移動部Mによって、コリメータレンズCL、集光レンズLと、集光位置検出部DETの相互関係を維持したまま、被検波面全体を走査するようにアパーチャAPを移動することにより、被検波面全体において、投影レンズPLに収差がない理想の集光点と、投影レンズPLに収差が存在するときの集光点とのCCD面上での横ずれを検出することができる。

20 なお、第1実施形態では、被検波面の中央部分（光軸AX近傍の光束）を集光するときは集光レンズLの中心部分を用い、被検波面の周辺部分（周辺の光束）を集光するときは集光レンズLの周辺部分を用いている。このように、集光レンズLを用いる部分が異なるので、該レンズLが収差を有する場合に、該収差が測定結果に影響するおそれがある。そこで、

25 集光レンズLの収差による影響を低減させるために、集光レンズLと、アパーチャAPとの相互の位置関係を維持したまま、コリメータレンズ

CL、検出部DETに対して移動させることが好ましい。但し、集光レンズLとして、第4A図に示すように被検波面の一部の光束を集光させる小口径レンズLを用いることがさらに好ましい。かかる小口径レンズLを用いた場合は、該レンズLを被検波面全体を走査するように移動部Mにより移動させる。

第4B図では、第4A図の変形例であり、ユニットUT内に収納されたレンズL、アパーチャAP及び検出部DETが相互の位置関係を維持したまま、被検波面全体を走査する構成である。レンズL、アパーチャAP及び検出部DETにより、測定系Sが構成され、測定系SがユニットUT内で移動部Mにより移動する。この構成では、第4A図の検出部DETに対して、小型化できる。

次に、集光位置検出部DETからの出力信号に基づいて被検光学系の収差を算出する手順について説明する。波面収差測定装置として、第4B図に示す構成を用いた場合について説明する。第5A、5B、5C図は、被検波面の任意の領域内の3点の測定結果、即ち測定系Sを3点移動した場合の各々の検出部DET上の集光点Pの変化の様子を示している。ここで、撮像面IPの平面をX-Y平面としている。被検波面が理想的な波面、即ち無収差の波面（球面波）であれば、測定系Sを被検波面内のどこに移動しても集光点Pは検出部DETの中心Oにある。

しかし、実際の被検波面は収差、つまり理想的な波面からの偏差（波面の傾きの差）を有している。したがって、第5A、5B、5C図に示すように、各集光点によって、その点における該偏差が検出部DET上の集光点Pの位置の変化（横ずれ）となって表れる。集光点Pの中心からの位置ずれは測定点における被検波面の微分情報に対応しているので、移動毎の各測定点における集光点Pの位置ずれから得られる値を被検波面全体について順次積分すれば被検光学系の収差を算出することができる。

かかる算出手順の概念を第6図に示す。第6図は矢印方向に向かって、順次測定系Sを移動し、各移動点で次々と測定を行なう様子を示している。上述のように各測定点における波面 W' の傾きによる集光点Pのずれ量を順次演算処理装置PCを用いて積分することで被検波面Wを算出
5 できるので、被検光学系の収差を求めることができる。

第4A図の構成を用いて、被検光学系の収差を測定する場合は、撮像面IP上に複数の撮像領域を設定し、各撮像領域に対して、移動部MによりレンズL及びアパーチャAPを位置決めする。被検波面が理想的な波面の時にレンズLが集光する撮像領域の中心に対して、実際の被検波
10 面では、レンズLが集光する集光点の位置の変化が検出する。この位置の変化量を検出することにより、収差を測定することができる。なお、被検波面Wの算出は、上述した内容と同じである。

このように、投影レンズPLによる結像面のうち、一点において、理想的な波面の各集光点に対する被検波面の各集光点の位置ずれを測定する
15 ことにより、投影レンズPLの収差として、球面収差や非点隔差を求めることができる。

また、ユニットUTが投影レンズPLによる結像面の複数点に移動するようにステージ制御部22でステージ13を駆動する。そして、投影レンズPLの結像面内における複数点のそれぞれにおいて、ユニットU
20 T内のレンズL及びアパーチャAP、又は測定系Sが被検波面全体を走査するように移動部Mを制御する。これにより、結像面内における複数点のそれぞれにおいて、理想的な波面の各集光点に対する被検波面の各集光点の位置ずれを測定することができ、投影レンズPLの収差として、コマ収差、像面湾曲、ディストーション、非点収差を求めることができる。
25

なお、上記第1実施形態では、被検波面を平行光にするためにコリメ

ータレンズCLをユニットUTに組み込んでいるが、コリメータレンズCLをユニットUTとは異なるユニットに設けても良い。さらには、コリメータレンズCLを用いずに、被検光学系PLを透過した球面波の光をそのまま本装置で測定してもよいことは言うまでもない。

- 5 このように、ユニットUTをステージ13のウエハホルダ12上に載置し、ユニットUT内のレンズL及びアパーチャAP、又は測定系Sを移動部Mにより駆動することにより、簡便に投影レンズPLの波面収差を測定できる。投影レンズPLの波面収差を測定した後は、収差測定光学系（測定用マスク）をステージから取り外すと共に、ユニットUTを
- 10 ステージ13から取り外す。ステージ13からユニットUTを取り外すことにより、露光時に使用する際のステージ13が軽量化される。また、投影露光装置上で、露光光源を用いて測定できるので装置が小型なものになる。さらに、別の干渉計を用いて測定する場合に比較して空間的场所を必要とせず、また、レンズとして単一のレンズを用いているので高
- 15 精度に収差を測定できる。加えて、投影露光装置のステージ13上に本波面収差測定ユニットを搭載した状態で、この測定結果に基づいて投影レンズPLの調整を行なうことができる。このとき、自動レンズ調整手段等と組み合わせれば、波面収差の測定結果を該自動レンズ調整手段等にフィードバックさせ、レンズ間隔を調整することができる。自動レン
- 20 ズ調整手段は、各収差に応じて、投影レンズPLを構成する少なくとも一つのレンズ素子を光軸方向に微小移動させて、レンズ素子の間隔を変更する移動機構や、レンズ素子間の空気の圧力を調整する圧力調整機構等が挙げられる。これにより、自動的に投影光学系の波面収差を修正でき、結像特性を向上させることができる。

25 （第2実施形態）

第7図は、第2実施形態にかかる投影露光装置のステージ近傍の概略

構成を説明する図である。本実施形態において、第1実施形態にかかる投影露光装置の構成と同じ部分には同一の符号を付し、また重複する部分の構成図とその説明は省略する。

上記第1実施形態では、投影レンズPLの波面収差測定を露光装置上で、露光光源を用いて行うことができる。このとき、レチクルRの位置に点光源、即ちピンホールを備えた投影レンズ収差測定用のレチクルを用いることが望ましい。したがって、露光光源からのレーザビームIL2は、レチクルRのピンホールにより球面波からなる光に変換されることになる。ここで、投影レンズPLの波面収差の測定精度を向上させるにはピンホール径を小さくし、ピンホールで発生する球面波を理想球面波に近づければ良いが、ピンホール径が小さくなると透過光量が減少し、撮像面でコントラストが減少するため測定時間がかかることになる。また、投影レンズの波面収差の測定を行うときはピンホールを備えた投影レンズ収差測定用レチクルを使用し、通常のパターン露光を行うときは露光用レチクルを使用すると、収差測定又はパターン露光ごとにレチクルステージにレチクルの載せ換え、位置合わせ等をする必要があるのでスループットの低下を招くおそれがある。

本実施形態にかかる投影露光装置は上記問題に鑑みたものであり、第7図に示すように例えばレチクルステージ11が投影レンズ波面収差測定用のピンホールPHを有している。

回路パターンが形成されたレチクルRを用いて半導体デバイスを製造する手順は上記第1実施形態で述べた手順と同様であるのでその説明は省略する。次に、投影レンズPLの波面収差を測定する手順について説明する。投影レンズPLの波面収差を測定するときは、レチクルステージ制御部21が回路パターンが形成されたレチクルRを載置した状態のレチクルステージ11を駆動して、ピンホールPHを光軸AX上に移動

- させ、ピンホールからの光を点光源として収差測定を行う。まず、波面収差測定装置のユニットUT（ユニットの構成は上記実施形態と同じ）がステージ13上にウエハホルダ12を介して載置される。次に、ユニットUT内のレンズL及びアパーチャAP、又は測定系Sが集光レンズ
- 5 Lからの被検波面全体を走査するように、移動部MがレンズL及びアパーチャAP、又は測定系Sを駆動する。上述のように被検波面の各集光点の位置ずれを求め、演算処理装置PCで上述のような積分演算を行なう。ここで、投影レンズPLを透過した光の集光位置はウエハWH面と共役である。そして、得られた投影レンズPLの波面収差情報（コマ収
- 10 差、非点収差、球面収差等）をレンズ制御部LCへフィードバックする。レンズ制御部LCは、波面収差情報に基づいて投影レンズPLを構成する各レンズ素子の間隔や、その間隔の空気の圧力を調整することで投影レンズPLを透過した波面の収差量を所定範囲内に抑える。なお、ユニットUTはウエハホルダ12又はステージ13上に直接的に着脱自在に
- 15 設けられていても良く、又はステージ13に組み込まれている構成、さらにはステージ13の側面に着脱自在に設けられている構成でも良い。
- また、本実施形態では、レチクルステージに設けられたピンホールを通過した光を光源として用いたが、これに限られるものではなく、レチクルステージに光源1からの光を拡散して透過させる領域、いわゆるレ
- 20 モンスキン状態に形成されている領域を設け、このレモンスキン領域を透過した光を波面収差測定用の光源としても良い。レモンスキン領域は、すりガラス状の拡散板と同様に透過光を拡散させる機能を有しており、この領域を透過した光は、複数の点光源から発せられた多数の球面波からなる略平行光とみなすことができる。また、ピンホール又はレモンス
- 25 キン領域はレチクルステージに設けられている場合に限られず、第1実施形態と同様レチクルに設けられていても良い。

上述したように、ピンホール径を小さくすると、通過光量が減少するため測定時間は長くなるが、測定精度を高くすることができる。逆に、ピンホール径を大きくすると、ピンホールで発生する球面波の形状が理想球面波から遠ざかってしまい測定精度が低くなるが、通過光量が増加するため測定時間は短くできる。このため、レチクルステージ11又はレチクルRに複数の大きさのピンホールを形成しておき、目的とする測定精度により択一的に選択して使用する事が望ましい。例えば、投影露光装置のセッティングが既に完了し回路パターン露光が順次行われている場合は、投影レンズの光学特性（倍率や焦点位置などの結像特性や透過率の変動）等の経時変化を測定することが主目的となるので、投影レンズを所定回数だけ光が透過した時に適当な精度で、且つ短時間で波面測定を行うことが望ましい。また、投影レンズ又は投影レンズを構成する少なくとも一つのレンズ素子を他のレンズに交換した場合、光源波長を変化させた場合等は、時間をかけて高精度な波面測定を行うことが望ましい。このように、複数の大きさのピンホールを形成しておくことで、目的別に最適な大きさのピンホールを容易に選択することができる。また、本実施形態ではレチクルステージを照明するレーザビームとして露光光源を用いているが、他の光源及び他の照明光学系を別途設けても良い。

20 (第3実施形態)

第8図は、第3実施形態にかかる投影露光装置のステージ近傍の概略構成を示す図である。本実施形態において、第1実施形態にかかる投影露光装置の構成と同じ部分には同一の符号を付し、また重複する部分の構成図とその説明は省略する。

25 回路パターンが形成されたレチクルRを用いて半導体デバイスを製造する手順は上記第1実施形態で述べた手順と同様であるのでその説明は

省略する。次に、投影レンズP Lの波面収差測定を行う手順を説明する。

ウエハステージ制御部2 2は、ステージ1 3の側面に着脱機構Dを介して着脱自在に設けられた収差測定ユニットU T'に投影レンズP Lからの透過波面が入射するように、ウエハステージ1 3を駆動制御する。

- 5 収差測定ユニットU T'は、投影光学系P Lを通過したピンホールP Hで発生した球面波からなる光を集光するための複数のレンズ素子L'を2次元に配列した2次元レンズアレイと、複数のレンズ素子L'で集光された光の位置をそれぞれ検出するための集光位置検出部D E Tとから構成されている。また、上記第1実施形態と同様に波面収差測定ユニット
- 10 トとは、ピンホールP Hとパターンが形成されたマスクと2次元レンズアレイL'と集光位置検出部D E Tとを含む構成をいう。

- なお、上記実施形態で述べたようにピンホールに限らず、レチクルステージ1 1又はレチクルRが、ピンホールとレモンスキン領域とのいずれか一方を有していることが好ましい。さらに好ましくは、大きさの異なる複数のピンホールを備えており、上記第2実施形態と同様に測定
- 15 目的に応じて適宜ピンホールを選択できることが望ましい。このように、ピンホールとレモンスキン領域とのいずれか一方を有するステージ又はレチクルが収差測定光学系を構成する。

- 投影光学系P Lを透過した光は、コリメータレンズC Lにて平行光に変換される。そして、微小なレンズL'を2次元に配列した2次元レンズアレイに入射される。入射した光の被検波面が理想的な波面、即ち投影レンズに収差が無い場合の波面から偏差を有していると、該偏差は集光位置検出部D E T上で理想的な波面の集光位置に対し被検波面の集光位置が位置ずれとして現れる。演算処理部P Cは、2次元レンズアレイ
- 25 の個々のレンズL'の集光点の位置ずれに基づいて、投影レンズP Lの波面収差を算出する。

- このように、投影レンズPLによる結像面のうち、一点において、理想波面の各集光点に対する被検波面の各測定点の位置ずれを測定することにより、投影レンズPLの収差として、球面収差や非点隔差を求めることができる。また、ユニットUTが投影レンズPLによる結像面の複数点に移動するようにステージ制御部22でステージ13を駆動する。
- そして、投影レンズPLの結像面内における複数点のそれぞれにおいて、理想波面の各集光点に対する被検波面の各測定点の位置ずれを測定し、それら各測定結果から、投影レンズPLの収差として、コマ収差、像面湾曲、ディストーション、非点収差を求めることができる。
- そして、得られた投影レンズPLのコマ収差、像面湾曲、ディストーション、非点収差等の波面収差情報をレンズ制御部LCへフィードバックする。レンズ制御部LCは、この波面収差情報に基づいて投影レンズPLを構成する各レンズ素子の間隔や、その間隔の空気の圧力を調整することで投影レンズPLを透過した波面の収差量を所定範囲内に抑える。
- なお、ユニットUT'はウエハホルダ12又はステージ13上に着脱自在に設けられていても良く、又はステージ13に組み込まれている構成、さらにはステージ13近傍に設けられている構成でも良い。
- また、上記各実施形態において、集光位置検出部DETの測定分解能と、移動部M又はウエハステージ13の位置制御精度を高くすることで、投影レンズPLの収差測定精度を向上させることができる。例えば、集光位置検出部の検出分解能が $10 \sim 20 \mu\text{m}$ の場合は、 $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ の領域を露光する投影露光装置ではウエハステージ13を1 mmピッチで制御すれば十分である。
- また、第1実施の形態において、アパーチャAPの開口面積を可変としても良い。このとき、開口部を絞った方が、分解能が向上するので測定精度が高くなる。

- 各実施の形態は必要に応じて組み合わせることも可能である。各実施の形態で、波面収差測定装置をステージ13に着脱可能に構成したが、この着脱機構としては、ステージ13に切欠き部を設け、その切欠き部に係合する係合部を測定装置に設けて着脱可能としてもよい。さらに、測定装置をステージ13に着脱可能とする際、測定装置全体の代わりにその一部、例えばコリメータレンズCL、レンズLを着脱自在とし、検出部DETをステージ13に固定しても良い。また、逆に例えばコリメータレンズCL、レンズLをステージ13に固定し、検出部DETを着脱自在にしても良い。
- 10 各実施の形態では、投影レンズPLの波面収差を露光装置に組込んだ状態で測定したが、露光装置に組み込む前に測定しても良い。波面収差を測定するタイミングとしては、ウエハ交換毎、レチクル交換毎、または予め設定した所定時間毎のいずれでもよく、これら以外のタイミングであってもよい。その際の測定精度を選択できることは上述した通りである。
- 15 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000 1010 1020 1030 1040 1050 1060 1070 1080 1090 1100 1110 1120 1130 1140 1150 1160 1170 1180 1190 1200 1210 1220 1230 1240 1250 1260 1270 1280 1290 1300 1310 1320 1330 1340 1350 1360 1370 1380 1390 1400 1410 1420 1430 1440 1450 1460 1470 1480 1490 1500 1510 1520 1530 1540 1550 1560 1570 1580 1590 1600 1610 1620 1630 1640 1650 1660 1670 1680 1690 1700 1710 1720 1730 1740 1750 1760 1770 1780 1790 1800 1810 1820 1830 1840 1850 1860 1870 1880 1890 1900 1910 1920 1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010 2020 2030 2040 2050 2060 2070 2080 2090 2100 2110 2120 2130 2140 2150 2160 2170 2180 2190 2200 2210 2220 2230 2240 2250 2260 2270 2280 2290 2300 2310 2320 2330 2340 2350 2360 2370 2380 2390 2400 2410 2420 2430 2440 2450 2460 2470 2480 2490 2500 2510 2520 2530 2540 2550 2560 2570 2580 2590 2600 2610 2620 2630 2640 2650 2660 2670 2680 2690 2700 2710 2720 2730 2740 2750 2760 2770 2780 2790 2800 2810 2820 2830 2840 2850 2860 2870 2880 2890 2900 2910 2920 2930 2940 2950 2960 2970 2980 2990 3000 3010 3020 3030 3040 3050 3060 3070 3080 3090 3100 3110 3120 3130 3140 3150 3160 3170 3180 3190 3200 3210 3220 3230 3240 3250 3260 3270 3280 3290 3300 3310 3320 3330 3340 3350 3360 3370 3380 3390 3400 3410 3420 3430 3440 3450 3460 3470 3480 3490 3500 3510 3520 3530 3540 3550 3560 3570 3580 3590 3600 3610 3620 3630 3640 3650 3660 3670 3680 3690 3700 3710 3720 3730 3740 3750 3760 3770 3780 3790 3800 3810 3820 3830 3840 3850 3860 3870 3880 3890 3900 3910 3920 3930 3940 3950 3960 3970 3980 3990 4000 4010 4020 4030 4040 4050 4060 4070 4080 4090 4100 4110 4120 4130 4140 4150 4160 4170 4180 4190 4200 4210 4220 4230 4240 4250 4260 4270 4280 4290 4300 4310 4320 4330 4340 4350 4360 4370 4380 4390 4400 4410 4420 4430 4440 4450 4460 4470 4480 4490 4500 4510 4520 4530 4540 4550 4560 4570 4580 4590 4600 4610 4620 4630 4640 4650 4660 4670 4680 4690 4700 4710 4720 4730 4740 4750 4760 4770 4780 4790 4800 4810 4820 4830 4840 4850 4860 4870 4880 4890 4900 4910 4920 4930 4940 4950 4960 4970 4980 4990 5000 5010 5020 5030 5040 5050 5060 5070 5080 5090 5100 5110 5120 5130 5140 5150 5160 5170 5180 5190 5200 5210 5220 5230 5240 5250 5260 5270 5280 5290 5300 5310 5320 5330 5340 5350 5360 5370 5380 5390 5400 5410 5420 5430 5440 5450 5460 5470 5480 5490 5500 5510 5520 5530 5540 5550 5560 5570 5580 5590 5600 5610 5620 5630 5640 5650 5660 5670 5680 5690 5700 5710 5720 5730 5740 5750 5760 5770 5780 5790 5800 5810 5820 5830 5840 5850 5860 5870 5880 5890 5900 5910 5920 5930 5940 5950 5960 5970 5980 5990 6000 6010 6020 6030 6040 6050 6060 6070 6080 6090 6100 6110 6120 6130 6140 6150 6160 6170 6180 6190 6200 6210 6220 6230 6240 6250 6260 6270 6280 6290 6300 6310 6320 6330 6340 6350 6360 6370 6380 6390 6400 6410 6420 6430 6440 6450 6460 6470 6480 6490 6500 6510 6520 6530 6540 6550 6560 6570 6580 6590 6600 6610 6620 6630 6640 6650 6660 6670 6680 6690 6700 6710 6720 6730 6740 6750 6760 6770 6780 6790 6800 6810 6820 6830 6840 6850 6860 6870 6880 6890 6900 6910 6920 6930 6940 6950 6960 6970 6980 6990 7000 7010 7020 7030 7040 7050 7060 7070 7080 7090 7100 7110 7120 7130 7140 7150 7160 7170 7180 7190 7200 7210 7220 7230 7240 7250 7260 7270 7280 7290 7300 7310 7320 7330 7340 7350 7360 7370 7380 7390 7400 7410 7420 7430 7440 7450 7460 7470 7480 7490 7500 7510 7520 7530 7540 7550 7560 7570 7580 7590 7600 7610 7620 7630 7640 7650 7660 7670 7680 7690 7700 7710 7720 7730 7740 7750 7760 7770 7780 7790 7800 7810 7820 7830 7840 7850 7860 7870 7880 7890 7900 7910 7920 7930 7940 7950 7960 7970 7980 7990 8000 8010 8020 8030 8040 8050 8060 8070 8080 8090 8100 8110 8120 8130 8140 8150 8160 8170 8180 8190 8200 8210 8220 8230 8240 8250 8260 8270 8280 8290 8300 8310 8320 8330 8340 8350 8360 8370 8380 8390 8400 8410 8420 8430 8440 8450 8460 8470 8480 8490 8500 8510 8520 8530 8540 8550 8560 8570 8580 8590 8600 8610 8620 8630 8640 8650 8660 8670 8680 8690 8700 8710 8720 8730 8740 8750 8760 8770 8780 8790 8800 8810 8820 8830 8840 8850 8860 8870 8880 8890 8900 8910 8920 8930 8940 8950 8960 8970 8980 8990 9000 9010 9020 9030 9040 9050 9060 9070 9080 9090 9100 9110 9120 9130 9140 9150 9160 9170 9180 9190 9200 9210 9220 9230 9240 9250 9260 9270 9280 9290 9300 9310 9320 9330 9340 9350 9360 9370 9380 9390 9400 9410 9420 9430 9440 9450 9460 9470 9480 9490 9500 9510 9520 9530 9540 9550 9560 9570 9580 9590 9600 9610 9620 9630 9640 9650 9660 9670 9680 9690 9700 9710 9720 9730 9740 9750 9760 9770 9780 9790 9800 9810 9820 9830 9840 9850 9860 9870 9880 9890 9900 9910 9920 9930 9940 9950 9960 9970 9980 9990 10000
- また、各実施の形態では、収差を測定する光源として、露光光源を使用した。別の光源を用いてもよい。露光光源としては、g線（436 nm）、i線（365 nm）、KrFエキシマレーザ（248 nm）、ArFエキシマレーザ（193 nm）、F₂レーザ（157 nm）や、金属蒸気レーザやYAGレーザの高調波を用いてもよい。
- 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200

を製造するための露光装置にも広く適當できる。

被検光学系としての投影レンズの倍率は、縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでもよい。投影レンズとしては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や蛍石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F₂レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系5の光学系にすればよい（レチクルも反射型タイプのものを用いる）。

エキシマレーザとして、遠紫外線を用いる場合は、光源と基板との間の光路を不活性ガスでパージする。このように、遠紫外線を用いる場合は、本実施の形態の波面収差測定装置のユニットUT内も不活性ガスで10パージすればよい。不活性ガスとして、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトン、キセノン、ラドン等の不活性ガスを用いてもよい。露光光の波長が酸素に吸収されない波長（例えば、i線やKrF等）の場合は、化学的にクリーンなドライエア（レンズの曇りの原因となる物質、例えば、クリーンルーム内を浮遊するアンモニウムイオン等が除去されたエ15ア、又は湿度が5%以下のエア）を用いてもよい。

以上のように、本実施形態の露光装置や収差測定装置は、本願特許請求の範囲（claims）に挙げられた各構成要素（element）を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電氣的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この20組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電氣的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。25この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシ

テムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。また、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを制作するステップ、シリコン材料からウエハを制作するステップ、前述した実施例の露光装置によりレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

10

産業上の利用の可能性

以上説明したように、請求の範囲 1 記載の発明では、所定面上における開口絞りを通過した光束の一部の集光位置の位置ずれを検出する集光位置検出部を有し、開口絞りを光軸と交差させる方向に移動させている。したがって、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で被検光学系の収差を高精度に測定できる。

15

請求の範囲 2 記載の発明では、集光レンズは前記光束の一部を集光し、移動部は集光レンズと開口絞りとを一体として光束の光軸と交差する方向に移動させている。したがって、集光レンズは小型なレンズで良いため製造容易であり、コストも安く済む。さらに、常に小型な集光レンズの全面を使用して集光するので、該集光レンズ自身の収差の影響による測定誤差を低減できる。

20

請求の範囲 3 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられるレンズの波面収差を簡便に測定できる。

25

請求の範囲 4 記載の発明では、ピンホールパターンを透過してきた球面波を用いて正確かつ迅速な収差測定を行うことができる。

請求の範囲 5 記載の発明では、所定の回路パターンを有するレチクルを照明する照明光学系からの光を使用できる。

請求の範囲 6 記載の発明では、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で被検光学系の収差を高精度に測定できる。

- 5 請求の範囲 7 記載の発明では、集光レンズは小型なレンズで良いため製造容易であり、コストも安く済む。さらに、常に小型な集光レンズの全面を使用して集光するので、該集光レンズ自身の収差の影響による測定誤差を低減できる。

- 10 請求の範囲 8 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられる投影光学系の波面収差を簡便に測定できる。

請求の範囲 9 記載の発明では、ピンホールパターンを透過してきた球面波を用いて正確かつ迅速な収差測定を行うことができる。

- 15 請求の範囲 10 記載の発明では、所定の回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系の収差を、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で被検光学系の収差を高精度に測定できる。

請求の範囲 11 記載の発明では、収差測定用の光を発生する発生部材を用いることで、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができる。

- 20 請求の範囲 12 記載の発明では、ピンホールを通過してきた球面波により、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができる。

請求の範囲 13 記載の発明では、透過部材を拡散して透過してきた多数の球面波からなる実質的な平行光により、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができる。

- 25 請求の範囲 14 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられる投影光学系の波面収差を簡便に測定できる。

請求の範囲 15 記載の発明では、ピンホールパターンを透過してきた

球面波を用いて正確かつ迅速な収差測定を行うことができる。

請求の範囲 1 6 記載の発明では、収差測定結果に基づいて、制御部により投影光学系のレンズ間隔などを調整することで、投影光学系の波面収差を修正して、結像特性を向上させることができる。

- 5 請求の範囲 1 7 記載の発明では、投影露光装置の、例えばウエハステージ上に波面収差測定装置を設置するのみで、簡便に投影光学系の収差を測定できる。また、露光装置の光源をそのまま使用できるので装置も小型化できる。

- 10 請求の範囲 1 8 記載の発明では、干渉計又は 2 次元レンズアレイを用いなくても、小型で簡便な構成で投影光学系の収差を高精度に測定できるので、結像性能を向上させることができ、高解像なデバイスを製造できる。

- 15 請求の範囲 1 9 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための投影露光装置に用いられる投影光学系の波面収差を簡便に測定できるので、結像性能を向上させることができ、高解像なデバイスを製造できる。

請求の範囲 2 0 記載の発明では、収差測定用の光を発生する発生部材を用いることで、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行うことができるので、スループットが向上した露光を行うことができる。

- 20 請求の範囲 2 1 記載の発明では、投影光学系の収差を簡便に測定し、測定結果に基づいて投影光学系の収差を補正できるので、結像性能の良い露光方法を提供できる。

請求の範囲 2 2 記載の発明では、投影光学系の波面収差を簡便に測定し、測定結果に基づいて投影光学系の波面収差を補正できるので、結像性能の良い露光方法を提供できる。

- 25 請求の範囲 2 3 記載の発明では、半導体デバイス等を製造するための露光装置において収差測定装置を着脱自在に保持できるので、収差測定

時にのみ取り付けること、又は収差測定装置を交換することが容易である。

請求の範囲 2 4 記載の発明では、収差測定光学系と測定ユニットとを露光装置に対して簡便に着脱できる。

- 5 請求の範囲 2 5 記載の発明では、マスクをマスクステージに対して、測定ユニットを基板ステージに対して簡便に着脱できる。

請求の範囲 2 6 記載の発明では、ピンホールパターンを有するマスクを簡便に着脱できるので、収差測定に適切なピンホール径を容易に選択できる。

- 10 請求の範囲 2 7 記載の発明では、投影露光装置の、例えばウエハステージ上に波面収差測定装置を設置するのみで、簡便に投影光学系の収差を測定できる。また、露光装置の光源をそのまま使用できるので収差測定装置を小型化できる。

- 請求の範囲 2 8 記載の発明では、マスクステージに設けられた収差測定光学系からの光により、正確かつ迅速に投影光学系の収差測定を行う
15 ことができる。また、測定ユニットを基板ステージに対して簡便に着脱できる。

- 請求の範囲 2 9 記載の発明では、収差測定光学系からの光を用いて、投影露光装置のウエハステージに測定ユニットを取り付けるのみで、簡便に投影光学系の収差を測定できる。また、露光装置の光源をそのまま
20 使用できるので装置も小型化できる。

請求の範囲 3 0 記載の発明では、測定ユニットを取り外すことで、基板ステージの軽量化を図ることができる。

- 請求の範囲 3 1 記載の発明では、回路パターンを転写する前に投影光学系の収差測定を行うので、正確なパターン転写を行うことができる。
25

請求の範囲 3 2 記載の発明では、回路パターンを転写する前に投影光

学系の収差測定を行うので、正確に高精度なデバイスを製造できる。

請求の範囲

1. 被検光学系を通過した光束を所定面上に集光させる集光レンズと、
前記光束の一部を通過させるための開口絞りと、
5 前記開口絞りを前記光束の光軸と交差する方向に移動させる移動部と、
前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置
の位置ずれを検出する集光位置検出部と、
前記集光位置検出部からの出力信号に基づいて前記被検光学系の収差
を算出する演算処理部と、
10 を有することを特徴とする収差測定装置。
2. 前記集光レンズは前記光束の一部を集光し、前記移動部は前記集光
レンズと前記開口絞りとを一体として前記光束の光軸と交差する方向に
移動させることを特徴とする請求の範囲 1 に記載の収差測定装置。
15
3. マスクに形成された所定の回路パターンの像を基板上に転写する投
影光学系の収差を測定する収差測定装置において、
前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系と、
前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複数のレンズ素
20 子と、
前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出する集光
位置検出部と、
前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影
光学系の収差を測定する測定部とを有することを特徴とする収差測定装
25 置。

4. 前記収差測定光学系は、前記所定の回路パターンが形成されたマスクと略同じ位置に配置され、ピンホールパターンを備える収差測定用マスクと、前記収差測定用マスクを照明する照明光学系とを備えることを特徴とする請求の範囲3に記載の収差測定装置。

5

5. 前記照明光学系は、前記所定の回路パターンを照明する照明光学系であることを特徴とする請求の範囲4に記載の収差測定装置。

6. 被検光学系を通過した光束を集光レンズにより所定面上に集光させる集光工程と、

前記光束の一部を開口絞りにより通過させる工程と、

前記開口絞りを前記光束の光軸と交差する方向に移動させる移動工程と、

前記所定面上における前記開口絞りを通過した光束の一部の集光位置の位置ずれを集光位置検出部により検出する集光位置検出工程と、

前記集光位置検出工程で得られた出力信号に基づいて前記被検光学系の収差を算出する演算処理工程と、
からなることを特徴とする収差測定方法。

7. 前記集光工程では前記光束の一部を集光し、前記移動工程では、前記集光レンズと前記開口絞りとを一体として前記光束の光軸と交差する方向に移動させることを特徴とする請求の範囲6に記載の収差測定方法。

8. マスクに形成された所定の回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系の収差を測定する収差測定方法において、

前記投影光学系を通過した収差測定用の光を複数のレンズ素子で集光

し、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出し、
検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定することを特徴とする収差測定方法。

5

9. 前記収差測定用の光は、前記マスクが配置される位置と略同じ位置に配置された収差測定用マスク上のピンホールパターンからの光であることを特徴とする請求の範囲 8 に記載の収差測定方法。

10 10. 所定の回路パターンを照明する照明光学系と、
照明された該回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系と、
該投影光学系の収差を測定するための請求の範囲 1 に記載の収差測定装置とを有することを特徴とする投影露光装置。

15 11. 所定の回路パターンを有するマスクを照明する照明光学系と、
前記マスクを支持するステージと、
照明された該回路パターンの像を基板上に形成する投影光学系と、
該投影光学系の収差を測定するための請求の範囲 1 に記載の波面収差測定装置とを有し、

20 前記ステージ又は前記マスクは前記投影光学系に対して収差測定用の光を発生する発生部材を備えていることを特徴とする投影露光装置。

12. 前記発生部材は、前記照明光学系からの光を球面波に変換するピンホールパターンであることを特徴とする請求の範囲 11 に記載の投影
25 露光装置。

1 3. 前記発生部材は、前記照明光学系からの光を拡散して透過させる透過部材であることを特徴とする請求の範囲 1 1 に記載の投影露光装置。

1 4. マスクに形成された回路パターンの像を基板上に転写する投影光学系とを備える投影露光装置において、

前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系と、

前記投影光学系を通過した前記収差測定用の光を集光するための複数のレンズ素子と、

前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出するための集光位置検出部とを備えることを特徴とする投影露光装置。

1 5. 前記収差測定光学系は、前記所定の回路パターンが形成されたマスクと略同じ位置に配置され、ピンホールパターンを備える収差測定用マスクと、前記収差測定用マスクを照明する照明光学系とを備えることを特徴とする請求の範囲 1 4 に記載の投影露光装置。

1 6. 前記集光位置検出部からの検出結果に基づいて前記投影光学系を構成する少なくとも一の光学部材の位置を制御する制御部とを有することを特徴とする請求の範囲 1 4 に記載の投影露光装置。

20

1 7. 前記基板を保持する基板ステージ部を有し、前記複数のレンズ素子及び前記集光位置検出部との少なくとも一方は、前記基板ステージ部に着脱自在に設けられていることを特徴とする請求の範囲 1 4 に記載の投影露光装置。

25

1 8. 所定の回路パターンを投影光学系を用いて基板上に転写する工

程を含むデバイス製造方法であって、

請求の範囲 6 に記載の収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

- 5 19. 所定の回路パターンの像を投影光学系を用いて基板に転写する工程を含むデバイス製造方法であって、

請求の範囲 8 に記載の収差測定方法を用いて前記投影光学系の収差を測定する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

- 10 20. 前記所定の回路パターンを請求の範囲 11 に記載の投影露光装置により前記基板上に投影露光することを特徴とする露光方法。

21. 所定の回路パターンの像を投影光学系を用いて基板に転写する露光方法において、

- 15 前記基板に前記回路パターンを転写する前に、
前記投影光学系に収差測定用の光を入射し、
前記投影光学系を通過した収差測定用の光を複数のレンズ素子で集光し、
前記複数のレンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出し、
20 検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定し、
測定された収差に基づいて、前記投影光学系の収差を補正することを特徴とする露光方法。

22. 前記収差は、前記投影光学系の波面収差であることを特徴とする
25 請求の範囲 21 に記載の露光方法。

23. マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する投影光学系を備える露光装置において、請求の範囲3に記載の収差測定装置を着脱可能に保持する保持機構を備えることを特徴とする露光装置。

- 5 24. 前記保持機構は、前記収差測定光学系を保持する第1の保持部材と、

前記複数のレンズ素子、前記集光位置検出部及び前記測定部を備えた測定ユニットを保持する第2の保持部材とを有することを特徴とする請求の範囲23に記載の露光装置。

10

25. 前記第1の保持部材は、前記マスクを保持するマスクステージであり、

前記第2の保持部材は、前記基板を保持する基板ステージであることを特徴とする請求の範囲24に記載の露光装置。

15

26. 前記収差測定光学系は、収差測定用のピンホールパターンが形成された測定用マスクであることを特徴とする請求の範囲24に記載の露光装置。

- 20 27. マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する投影光学系の収差を測定する収差測定装置において、

前記マスクを保持するマスクステージ、前記投影光学系及び前記基板を保持する基板ステージを備える露光装置に着脱可能に設けられる測定ユニットを有し、

- 25 前記測定ユニットは、前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複数のレンズ素子と、前記レンズ素子で集光された光の位置をそ

れぞれ検出する集光位置検出部と、前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測定部とを備えることを特徴とする収差測定装置。

- 5 28. 前記投影光学系に収差測定用の光を射出する収差測定光学系を有し、

前記測定ユニットは、前記基板ステージに着脱可能に保持され、

前記収差測定光学系は、前記マスクステージに設けられることを特徴とする請求の範囲27に記載の収差測定装置。

10

29. マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する露光装置が備える投影光学系の収差測定方法において、

- 前記マスクと略同じ位置に、収差測定用の光を前記投影光学系に射出する収差測定光学系を配置し、前記基板を保持する基板ステージに、前記投影光学系を通過した収差測定用の光を集光する複数のレンズ素子と、
15 前記レンズ素子で集光された光の位置をそれぞれ検出する集光位置検出部と、前記集光位置検出部で検出された前記光の位置に基づいて、前記投影光学系の収差を測定する測定部とを備える測定ユニットを取り付けることを特徴とする収差測定方法。

20

30. 前記投影光学系に収差測定用の光を射出した後に、前記収差測定光学系を取外し、

前記投影光学系の収差を測定した後に、前記測定ユニットを前記基板ステージから取外すことを特徴とする請求の範囲29に記載の収差測定

- 25 方法。

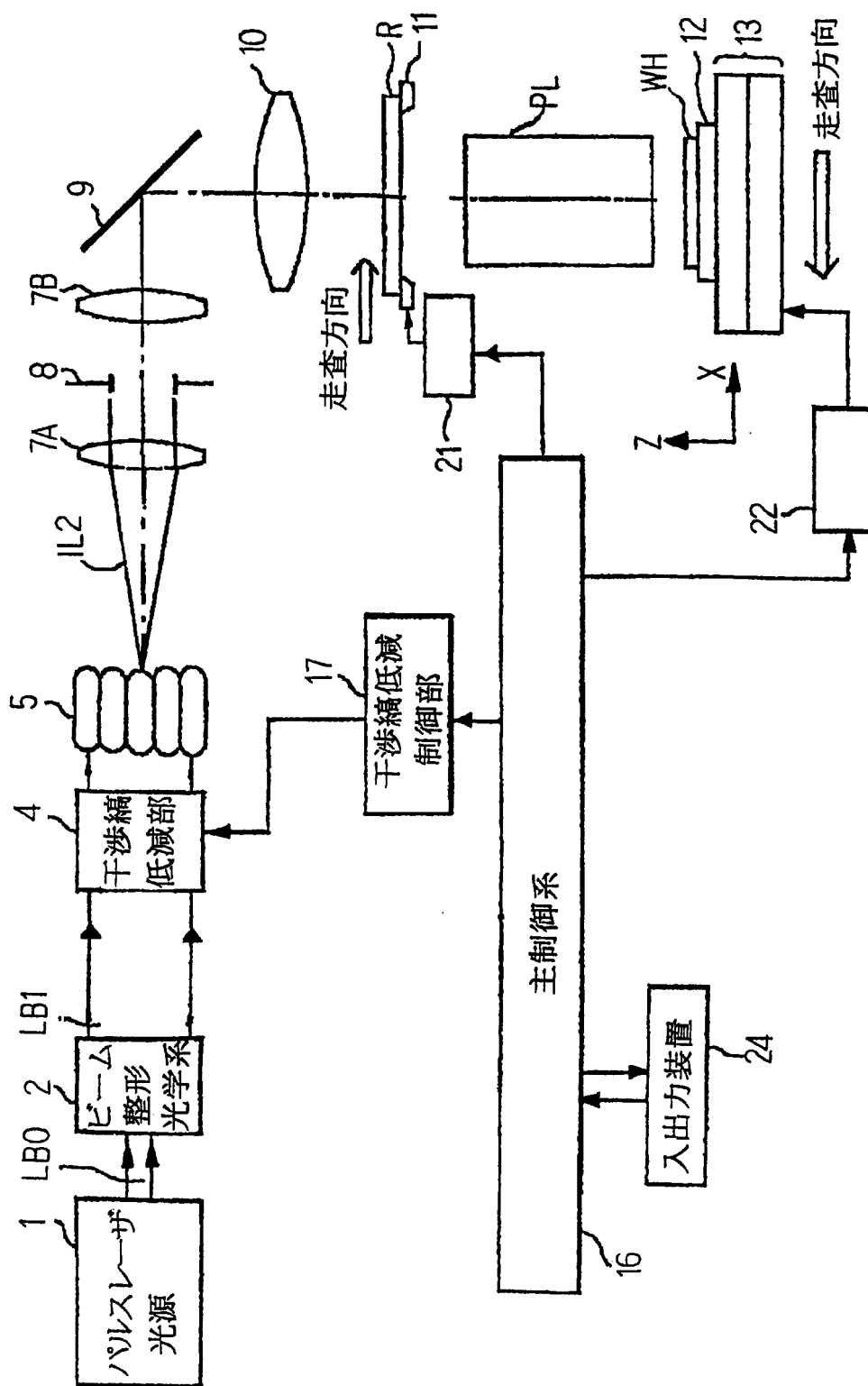
3 1. 所定の回路パターンの像を投影光学系を用いて基板に転写する露光方法において、

- 前記基板に前記回路パターンを転写する前に、請求の範囲 2 9 に記載の収差測定方法を用いて、前記投影光学系の収差を測定することを特徴とする露光方法。
- 5

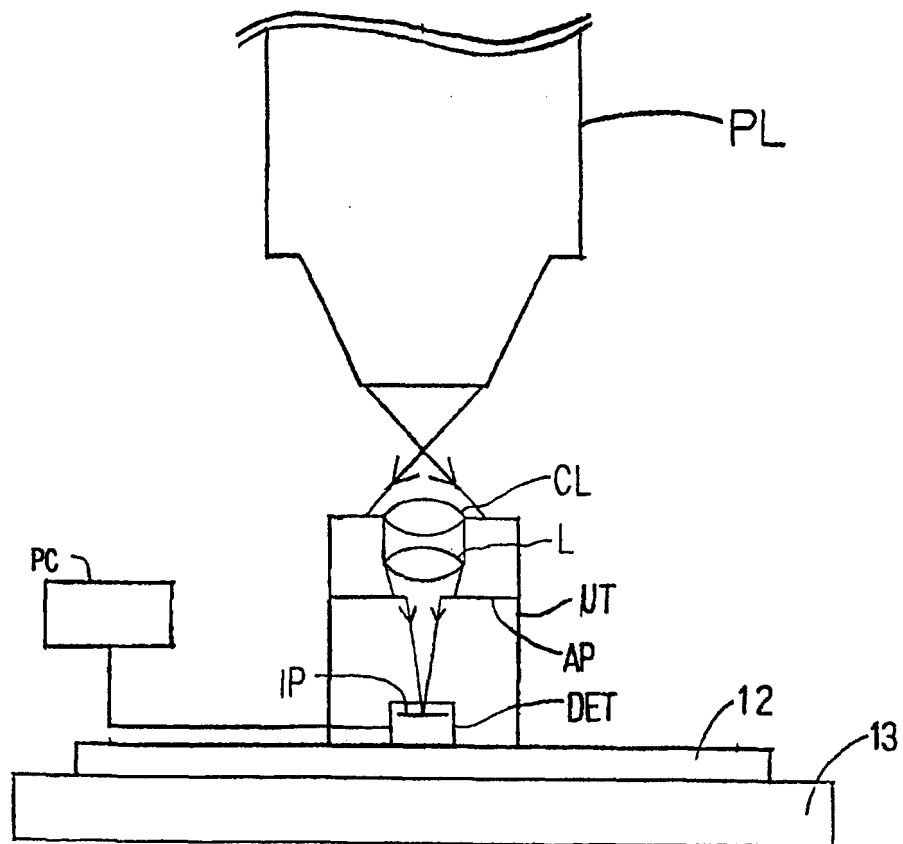
3 2. 所定の回路パターンの像を投影光学系を用いて基板に転写する工程を含むデバイス製造方法において、

- 前記基板に前記回路パターンを転写する前に、請求の範囲 2 9 に記載の収差測定方法を用いて、前記投影光学系の収差を測定する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。
- 10

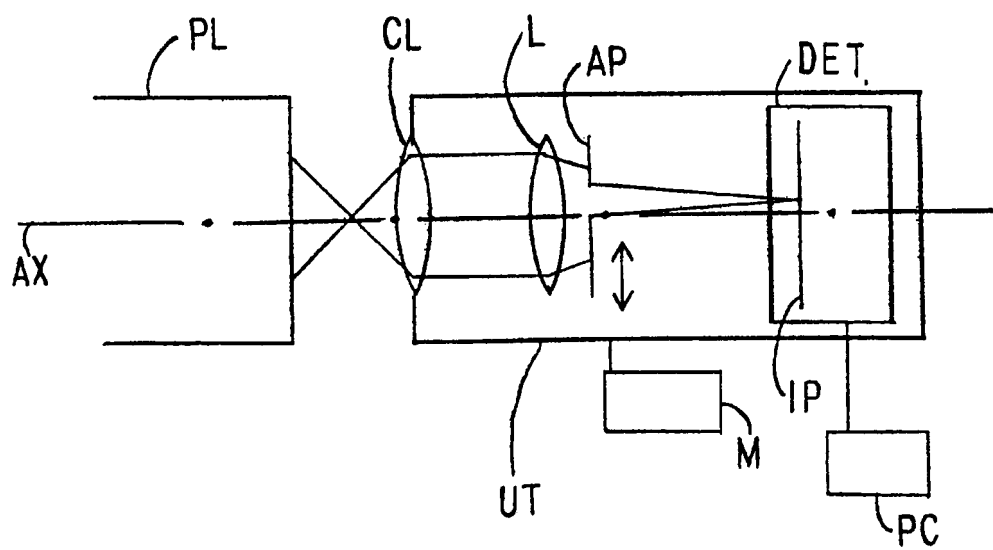
第 1 図



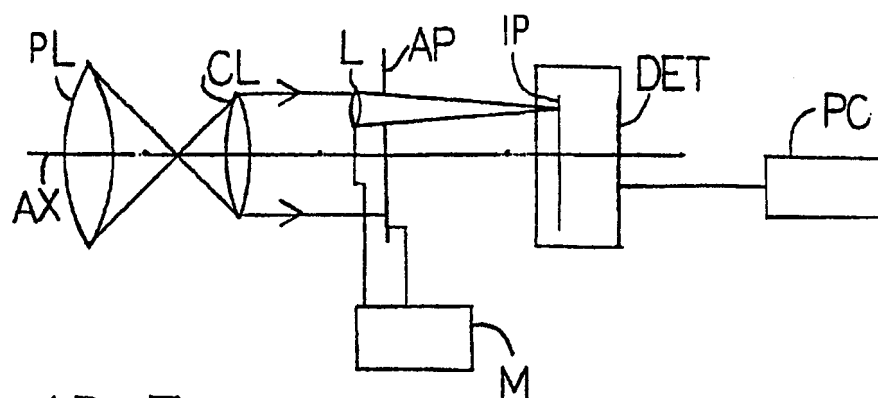
第 2 図



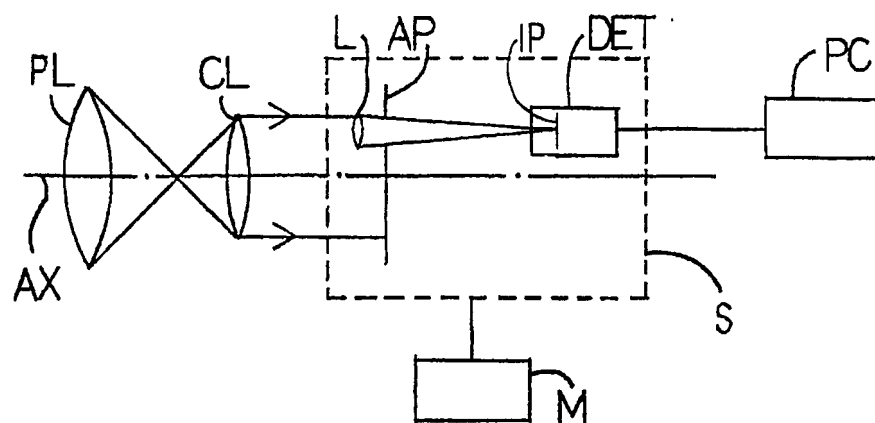
第 3 図



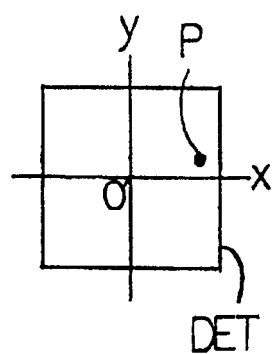
第 4 A 図



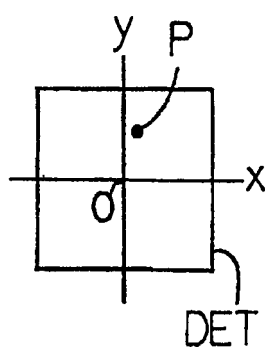
第 4 B 図



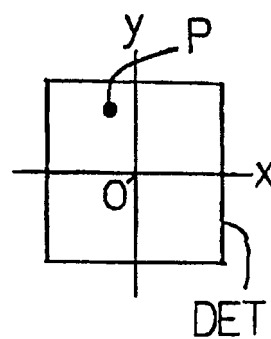
第 5 A 図



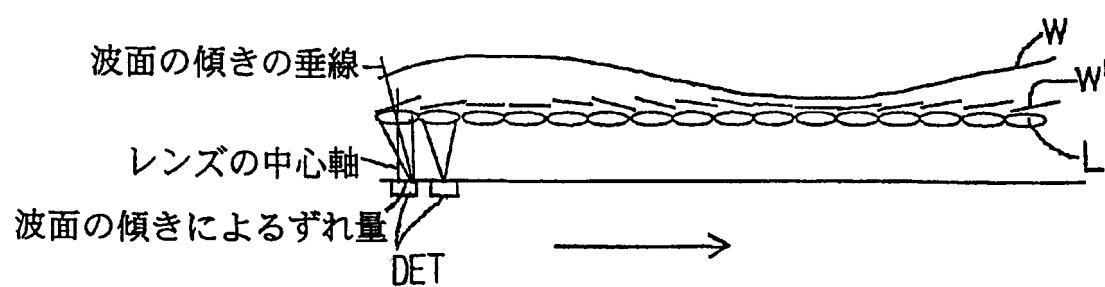
第 5 B 図



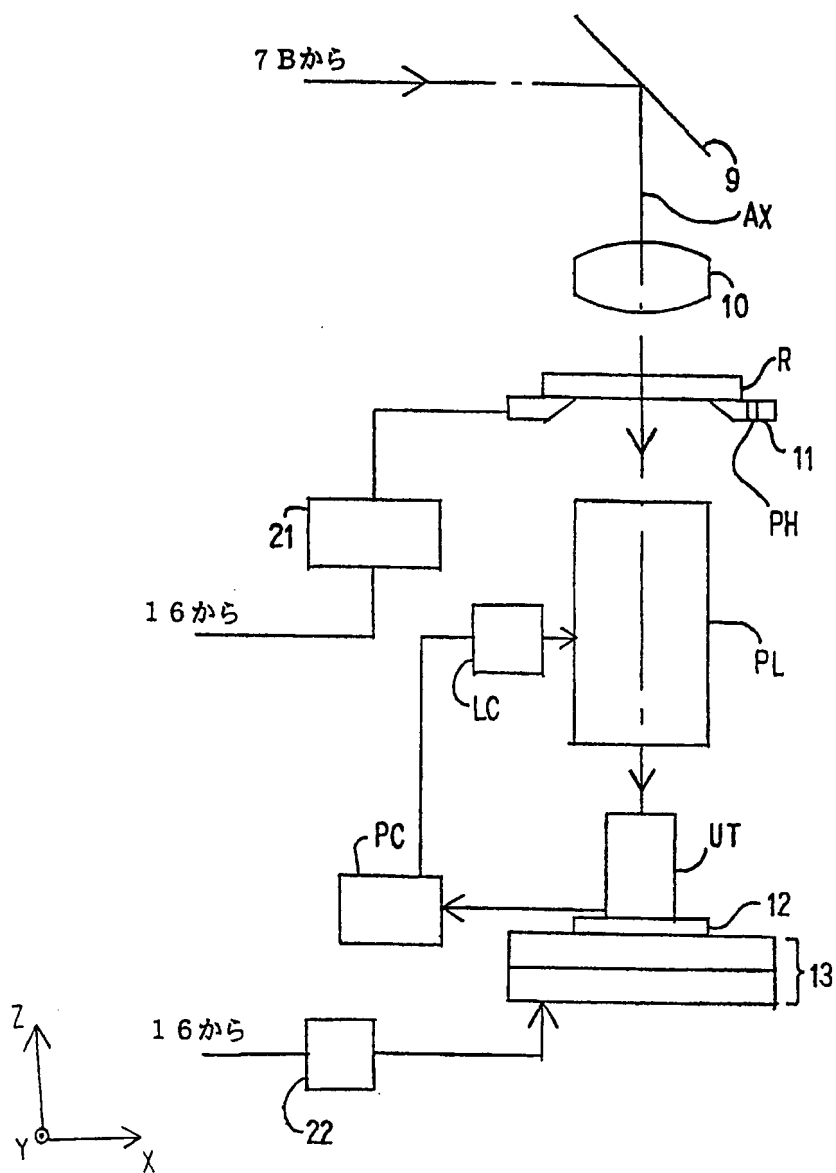
第 5 C 図



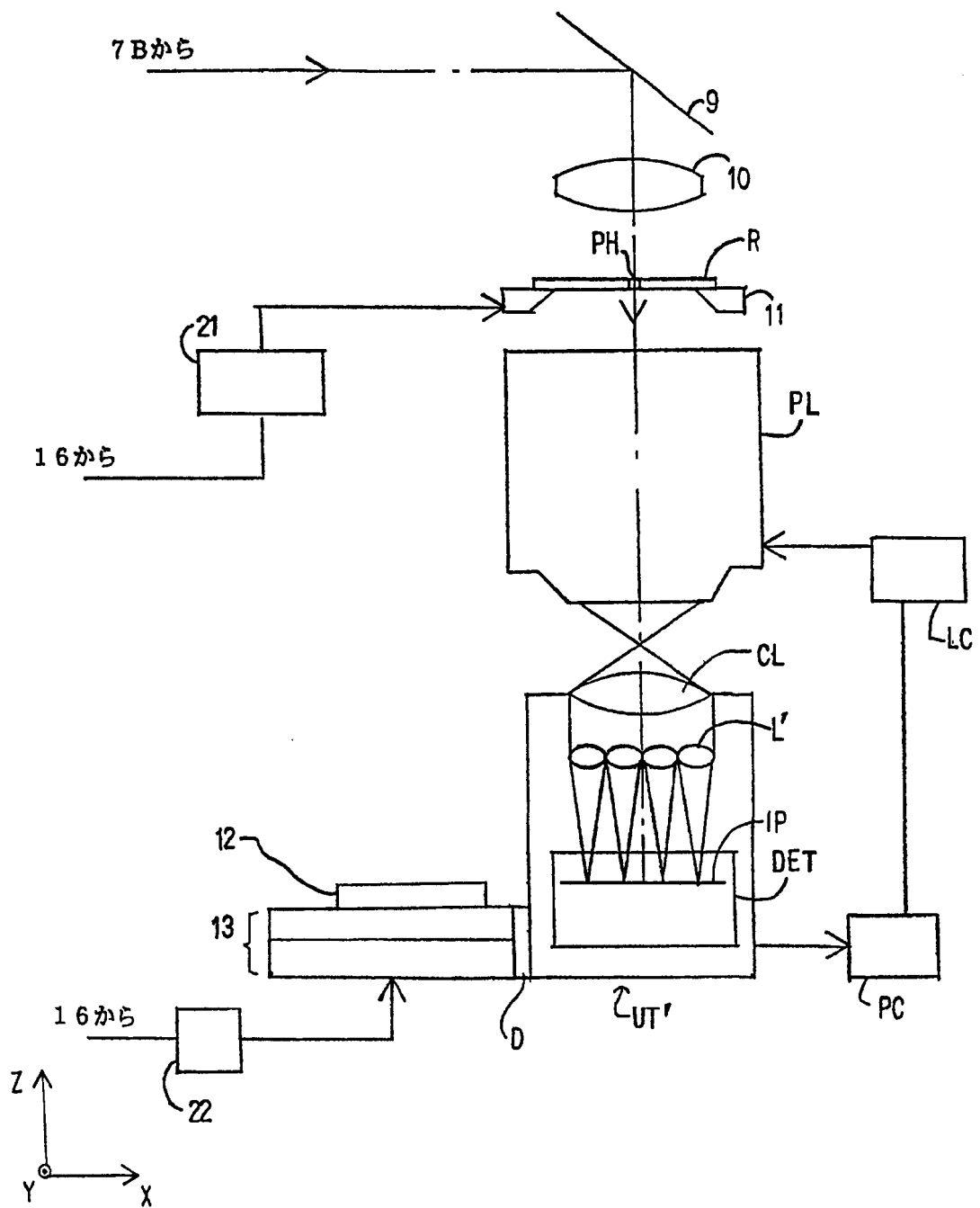
第 6 図



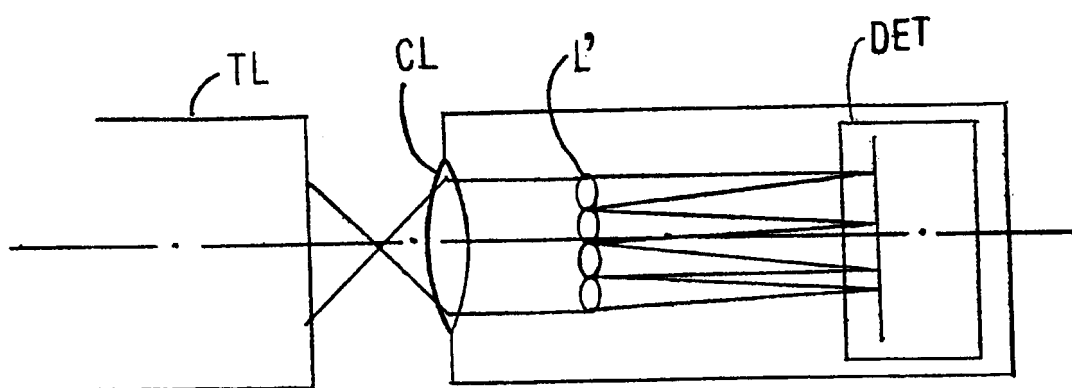
第 7 図



第 8 図



第 9 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/02608

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁶ G01M11/02, H01L21/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁶ G01M11/00-02, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JICST

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP, 9-49781, A (Nikon Corp.), 18 February, 1997 (18. 02. 97), Full text ; Figs. 1 to 8 Full text ; Figs. 1 to 8 & US, 5680200, A & US, 5754299, A	1-23, 27-32 24-26
Y	JP, 2-238338, A (Hitachi, Ltd.), 20 September, 1990 (20. 09. 90), Full text ; Figs. 1 to 4, 6 to 8 (Family: none)	1-23, 27-32
Y A	JP, 10-92722, A (Nikon Corp.), 10 April, 1998 (10. 04. 98), Par. No. [0015] ; Figs. 1 to 12 Full text ; Figs. 1 to 12 & EP, 833193, A	17, 23, 27-32 24-26

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 August, 1999 (17. 08. 99)

Date of mailing of the international search report
24 August, 1999 (24. 08. 99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 99/02608

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁶ G01M11/02, H01L21/027		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁶ G01M11/00-02, H01L21/027		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-1999年 日本国登録実用新案公報 1994-1999年 日本国実用新案登録公報 1996-1999年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
J I C S T		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP, 9-49781, A (株式会社ニコン) 18. 2月. 1997 (18. 02. 97) 全文, 第1-8図 全文, 第1-8図 & US, 5680200, A & US, 5754299, A	1-23, 27-32 24-26
Y	JP, 2-238338, A (株式会社日立製作所) 20. 9月. 1990 (20. 09. 90) 全文, 第1-4, 6-8図 (ファミリーなし)	1-23, 27-32
Y A	JP, 10-92722, A (株式会社ニコン) 10. 4月 1998 (10. 04. 98) 段落番号【0015】 , 第1-12図 全文, 第1-12図 & EP, 833193, A	17, 23, 27-32 24-26
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 17. 08. 99		国際調査報告の発送日 24.08.99
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 居島 一仁 電話番号 03-3581-1101 内線 3250